

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 29 237 A 1

21 Aktenzeichen: 196 29 237.9
22 Anmeldetag: 19. 7. 96
43 Offenlegungstag: 20. 2. 97

51 Int. Cl.⁸:
G 02 B 26/02
G 12 B 1/02
E 06 B 9/24
H 01 L 31/052
G 05 D 23/00
E 04 H 15/58
F 24 J 2/00

DE 196 29 237 A 1

30 Innere Priorität: 32 33 31
21.07.95 DE 195267613

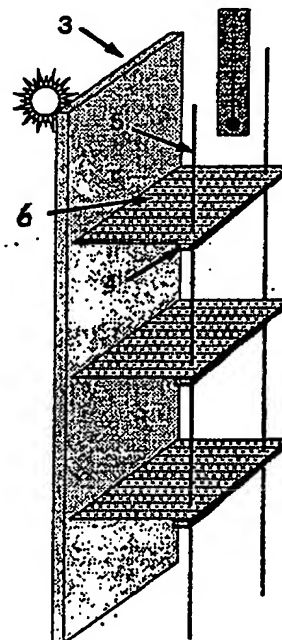
71 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80638 München, DE

72 Erfinder:
Wirth, Harry, 79106 Freiburg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Einrichtung zur temperaturabhängigen Verschattung von Bauelementen

67 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur temperaturabhängigen Verschattung von Bauelementen, z. B. Solarkollektoren und Gebäudeteilen, z. B. TWD-Fassaden, Fenstern oder Fensterelementen, und/oder zur Lichtlenkung durch Fensterelemente, wobei eine infolge höherer Temperatur in mindestens eine Richtung bewegbare Doppelschicht (1, 2) und eine mittels derselben vor das zu verschattende Bauelement (3) bewegbare optische Schicht (4) vorgesehen ist, die mindestens teilweise entweder transparent oder reflektierend oder absorbierend ausgebildet ist und eine ebenso große Fläche aufweist wie das zu verschattende Bauelement.



DE 196 29 237 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 98 602 068/458

8/30

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

1. Technisches Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur temperaturabhängigen Verschattung von Bauelementen, z. B. Solarkollektoren und Gebäudeteilen, TWD-Fassaden, Fenster oder Fensterelementen; man erreicht damit einen Überhitzungsschutz bei zu hoher Sonneneinstrahlung.

Eine zweite Anwendung ist die der Tageslicht-Lenkung für Fensterelemente. Eine weitere Anwendung ist die Isolierung von Solarkollektoren.

2. Stand der Technik und aktuelle Probleme

Das energetische Potential der Sonne als Wärme- und Lichtquelle hat zur Entwicklung von thermischen Komponenten wie Solarkollektoren und Hausfassaden mit transparenter Wärmedämmung (TWD) angeregt, sowie den Trend zur "gläsernen Architektur" eingeläutet, mit großzügig dimensionierten Spezialfenstern oder Tageslichtelementen. Mittlerweile sind die erreichten Wirkungsgrade so gut, daß es für Zeiten hoher Einstrahlung spezieller Vorrichtungen bedarf, um hohe Temperaturen und möglichen Schaden am System abzuwenden.

2.1 Überhitzung

Zur Zeit gibt es keine geeignete Vorrichtung zum Schutz von Solarkollektoren gegen Überhitzung; deshalb dürfen im gesamten Aufbau nur hochtemperatur-beständige und damit teure Materialien verwendet werden (Metall, Glas, Holz). Mit der Verfügbarkeit einer geeigneten Technik rückt die Serienfertigung von Kollektoren aus Kunststoff in greifbare Nähe, verbunden mit einem erheblichen Preisverfall pro m² installierte Fläche.

In Fassaden und Fenstern kommen Verschattungssysteme zum Einsatz. Eine Übersicht diesbezüglich bietet z. B. der Beitrag "Verschattungsvorrichtungen an Gebäuden — optische und thermische Auswirkungen" von A. Raicu, H.R. Wilson und V. Wittwer aus der Reihe "Innovative Lichttechnik in der Architektur" des Ostbayerischen Technologie Transfer Instituts (OTTI). Tab. 1 zeigt eine Klassifizierung denkbarer Maßnahmen.

Statische Verschattungssysteme reduzieren den Gesamtertrag in erheblichem Maße oder haben sehr geringen Schaltheub. Dynamische Systeme auf mechanischer Basis sind teuer in Anschaffung und Wartung; auch bergen sie ein hohes Ausfallsrisiko. Schaltbare Schichten (elektrochrom, thermochrom, thermotrop) befinden sich noch in der F&E Phase; eine Reihe von Fragen und Problemen im Zusammenhang mit Wirkungsgrad, Schaltheub, Langzeitstabilität und Serienfertigung sind noch ungeklärt.

Tabelle 1

Übersicht Verschattungsmaßnahmen

Verschattungssysteme		
STATISCH	DYNAMISCH	
Schaltwirkung durch systemexterne Veränderung	Schaltwirkung durch systeminterne Veränderung	
	selbständig	fremdgesteuert
Dachüberhang unbewegliche Lamellen Spiegelprofile	Vegetation thermotrope Schicht <u>ILS</u>	Jalousien Rollos bewegliche Lamellen elektrochrome Schicht Flüssigkristalle

2.2 Lichtlenkung

Im Fensterbereich ist reine Verschattung oftmals unerwünscht. Diffuses Licht, wie es z. B. ein bedeckter Himmel anbietet, soll möglichst ungehindert in den Raum. Direktes Sonnenlicht hingegen soll, besonders in der warmen Jahreszeit, zum großen Teil reflektiert werden, zum Teil für eine blendungsfreie Raumbelichtung

sorgen.

Die Nachfrage für aktive lichtlenkende Fensterelemente ist groß, aber die gegenwärtig verfügbaren Produkte können immer nur einen Teil der Anforderungen erfüllen. Elektrisch verstellbare Lamellen sind aufwendig, einfache infrarot-aktiv beschichtete Scheiben können nicht auf unterschiedliche Einstrahlungsbedingungen reagieren.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung zur Verschattung von Solarkollektoren, Gebäudeteilen, Fenstern oder Fensterelementen oder zur Lichtlenkung für Fensterelemente zu schaffen, die ohne Fremdenergie auskommt, automatisch reagiert und einfach zu realisieren ist. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Einrichtung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

3. Aufbau des Thermo-Lichtsalters (TLS)

Der beabsichtigte großflächige Schalteffekt wird erzielt durch den kollektiven Schaltvorgang vieler benachbarter TLS-Elemente.

Ein TLS-Element besteht aus einer thermisch aktiven Doppelschicht und einer optischen Komponente.

Die thermisch aktive Doppelschicht (Abb. 1) besteht aus zwei Kunststoffschichten (1 und 2), z. B. eine Kombination von einachsiger gereckter Polyamidfolie (1) und einer normalen, (d. h. ungereckten oder 2-achsig gereckten) Folie gleichen Materials (2). Die beiden Schichten haften fest aneinander. Ob die Doppelschicht transparent, reflektierend oder absorbierend ausgeführt wird, hängt von der Gesamt-Konzeption des Schaltelements ab (siehe dazu §4).

Einachsiger gereckte Kunststoffe (1) haben die Eigenschaft, ihre Elastizitätskonstante in der Reckrichtung bei Erwärmung zu vergrößern (wegen der temperaturabhängigen Entropieelastizität) und somit in einer Richtung zu schrumpfen. Die isotrope Schicht (2) reagiert nur schwach auf die Erwärmung. Somit zeigt die Doppelschicht bei Temperaturänderung eine Spannung quer zur Oberfläche, die die zylindrische Krümmung ändert (Prinzip des Bimetallthermometers). In dieser Anordnung reicht eine schwache und damit voll reversible Längenkontraktion der Schicht (1), um die Form des Elements in hohem Maße zu verändern. Abb. 1 zeigt das Prinzip der thermoelastischen Verformung, oben der normale, unten der überhitzte Zustand.

Eine für die Anwendung ausreichende Verformung auf einer Länge im Bereich 1–3 cm ist besonders vorteilhaft durch einen extremen "mismatch", der Längenausdehnungskoeffizienten der beiden Materialien zu erreichen. Würde aber der gleiche, hohe "mismatch" auch in Querrichtung vorliegen (wie beim klassischen Bimetall-Element), dann käme es bei dieser Geometrie nicht zu der gewünschten Krümmung, sondern zu einer unkontrollierbaren Verschrumpelung.

Durch die Verformung der thermisch aktiven Doppelschicht wird die optische Komponente verformt oder bewegt. Verformung wird erreicht, wenn die thermisch aktive Doppelschicht (Abb. 1) eine zusätzliche reflektierende oder absorbierende Beschichtung erhält. Bewegung wird erreicht, wenn die thermisch aktive Doppelschicht einen Fortsatz hat, der sich selbst nicht verformt, aber durch die Verformung der Doppelschicht seine Ausrichtung ändert. Dieser Fortsatz kann ein Fortsatz der Schicht (1) oder der Schicht (2) aus Abb. 1 sein, oder aus einem anderen Kunststoff oder Metall bestehen. Der Fortsatz ist reflektierend oder absorbierend beschichtet oder ausgebildet. Vorteilhaft ist aber, wenn sich die gesamte Fläche in eine Richtung krümmt, wie in Abb. 1 dargestellt.

Geometrie und Anordnung des TLS-Elements ist derart, daß das Gesamtsystem im erhitzten Zustand weniger Sonnenlicht absorbiert als im kalten Zustand.

In Abb. 2 ist ein selbstregulierendes Sonnenschutz-System dargestellt. Rechteckige Profile 4 bilden mit Schnüren 5 den Träger. Die Streifen 6 sind Aluminiumfolien, der Stärke und E-Modul so gewählt sind, daß sie eine waagrechte Ruhestellung einhalten können (Abb. 2a), sich aber gleichzeitig ohne Verlassen des elastischen Dehnbereichs in die Form (Abb. 2b) biegen lassen. Auf der Unterseite der Alu-Folien sind einachsiger gereckte Folien aus Kunststoff auflaminiert. Diese kontrahieren bei Erhöhung der Temperatur in Reckrichtung und verformen die Alufolie elastisch (Abb. 2b). In Reckrichtung zeigen diese Kunststoff-Folien ein E-Modul, das um ein Vielfaches höher ist als in Querrichtung bzw. im ungereckten Zustand; auch verringert sich die Kriechneigung dramatisch. Mit diesen Voraussetzungen kann die Alu-Folie für längere Zeit in der gekrümmten Form festgehalten werden. In Querrichtung zeigt die gereckte Folie eine andere Wärmeausdehnung als die Alu-Folie; da aber E-Modul und Kriechfestigkeit in Querrichtung viel kleiner als in Längsrichtung sind, paßt sich die gereckte Folie der Temperaturexpansion der Alufolie in Querrichtung an und die Verformung des Laminats verläuft wie gewünscht.

Durch die Verformung bei erhöhter Temperatur kann Sonnenlicht im Überhitzungsfall von der Anwendung ferngehalten werden. Die Anordnung von Folie und Trägerprofil gewährleistet, daß die Lichtumlenkung nur einer einzigen Reflexion bedarf. Dies ist wichtig wegen der zwar geringfügigen, aber unvermeidlichen Absorption und Eigenerwärmung der Folie.

Bei fehlender Einstrahlung und tiefen Außentemperaturen (Winter, nachts) kühlt das Laminat so weit ab, daß eine Verformung in Gegenrichtung stattfindet (Abb. 2c). Die Alu-Folie reduziert damit den Wärmestrahlungsaustausch zwischen Innenraum und der kalten Außenscheibe und verbessert damit den k-Wert der Anordnung.

Vorteilhafterweise ist die Scheibe 3 die Außenscheibe eines Fensters bzw. Kollektors und die Träger 4, 5 mit den Doppelmembran 1, 2 befinden sich im Zwischenraum zwischen der Außenscheibe und der nicht dargestellten Innenscheibe.

4. Eigenschaften des Thermo-Lichtsalters

Die reflektierenden TLS-Elemente können im Falle des Kollektors auch vor dem Absorber selbst befestigt

werden.

Bei Anwendung im Fensterbereich (etwa Überkopfverglasung) ist der Absorber durch eine zweite Glasscheibe ersetzt, im Falle der Gebäudefassade ist statt dem Absorber die Wand angeordnet oder z. B. eine transparente Wärmedämmwand vor der Fassade.

5 Bei Anwendung als automatische Tageslicht-Lenkung (Abb. 3) ist das TLS-Element mit einer optisch aktiven Schicht ausgestattet, die teilweise reflektiert und teilweise absorbiert. Im normalen Zustand (keine direkte Sonneneinstrahlung) lassen die Elemente einen Großteil des eintreffenden Lichtes passieren (Abb. 3a). Falls aber die Sonne scheint, führt die teilweise Absorption der optisch aktiven Schicht zu einer Erwärmung des Elements. Als Folge geht das Element in den erhitzten Zustand über; die neue Form (Abb. 3b bzw. Abb. 3c) reflektiert teilweise an die Zimmerdecke, wodurch eine vorteilhaften Lichtverteilung im Raum erzeugt wird, und teilweise nach außen, wodurch überschüssige Energie abgegeben wird.

Je nach Zielsetzung kann eine Anbringung an der front- oder der rückseitigen Scheibe der Doppelverglasung vorteilhafte Effekte zeigen. Frontseitige Anbringung kann zur thermischen Kopplung an die variable Außentemperatur führen, rückseitige Befestigung koppelt an die (annähernd) konstante Innentemperatur.

15 Wenn die TLS-Elemente als lange schmale Elemente hergestellt werden (z. B. als Streifen, deren Länge zwar über die gesamte Fensterbreite reicht, deren Lamellenbreiten aber unter 1 mm liegen und deren gegenseitiger Abstand unter 2 mm liegt), ist zunehmend auch Durchsicht möglich, und damit ein Einsatz bei Fenstern in Augenhöhe. Je kleiner die Breite, umso weniger wird die gerade Durchsicht durch die Streifen (Abb. 3a) gestört; im Idealfall sind sie auch für einen Beobachter in Fensternähe nur noch als Linien sichtbar. Eine weitere Verbesserung der Durchsicht kann durch eine Reduzierung des Kontrastes erreicht werden, etwa indem die Streifen nur teilweise reflektierend oder absorbierend (z. B. 30–80%) und dafür den Rest des Lichtes transmittieren.

20 Eine Anordnung der TLS-Elemente quer zur Richtung der natürlichen Konvektion, wie in Abb. 3 dargestellt, kann einen Beitrag zur Verringerung des k-Wertes leisten, z. B. im Inneren von Doppelfenstern oder von Solarkollektoren.

5. Herstellung des Thermo-Lichtschalters

Die einachsige gereckte Schicht kann als Folie oder Faser bereitgestellt werden; viele thermoplastischen Standard-Kunststoffe wie Polyethylen oder Polypropylen lassen sich recken. Z.B. sind einachsige gereckte Folien aus Polyamid (15 µm dick) oder Polypropylen (40 µm dick) Stand der Technik. Der Verbund mit der zweiten Schicht kann z. B. durch Koextrusion, Verklebung oder einfache adhäsive Haftung (z. B. bei Lacken) gewährleistet werden.

Die optisch aktive Komponente kann durch eine spiegelnde Aluminium-Beschichtung (z. B. Bedampfung) erzeugt werden. Für unkritische Anwendungen reicht auch eine milchige Folie. Wenn die optisch aktive Komponente absorbieren soll, wird eine dunkle Färbung gebraucht.

Die Haftung an der Scheibe wird durch Kleber erzielt, oder bei leichter Fertigung der Elemente durch (selbständige) Adhäsion, oder wie in Abb. 2 dargestellt.

Das Ausmaß der thermischen Verformung sowie der Schaltpunkt kann durch den Grad der Reckung der anisotropen Schicht in weiten Grenzen eingestellt werden.

Die Form des Elements im Normalzustand kann durch Warmformen festgelegt werden.

Als Geometrie kommen isolierte Elemente wie auch längliche Streifen von ca. 1–5 cm in Frage. Durch entsprechende Orientierung der Schichten kann die Formänderung für spezielle Anwendungen auf zwei Dimensionen ausgedehnt werden, vergleichbar mit dem Öffnen einer Blüte (s. Abb. 5). Eine solche Anordnung vergrößert den optischen Schaltheit. Wenn das TLS-Element z. B. reflektierend ausgeführt ist, wird es im Normalbetrieb eine kleine, im überhitzten Zustand eine große Schattenfläche erzeugen. Das Verhältnis dieser beiden Flächen ist der optische Schaltheit.

Wesentliches Merkmal der Erfindung ist deshalb der Einsatz anisotroper Materialien. Ideal sind z. B. einachsige gereckte Polymerfolien als innere Folie: in Reckrichtung sind sie hart (hohes E-Modul) und haben große, negative Ausdehnungskoeffizienten. In Kombination mit z. B. Aluminiumfolien (kleine, positive Koeffizienten) ergibt sich ein hoher "mismatch".

In Querrichtung haben sie positive Ausdehnungskoeffizienten und sind "weich", so daß sie (wie erforderlich) spannungsfrei der Ausdehnung der äußeren Folie folgen können und es zu keiner Querverformung kommt.

6. Ausführungsbeispiel

Elemente der in Abb. 1 skizzierten Art wurden durch Kombination einer marktüblichen selbstklebenden, reflexbeschichteten Folie mit einer einachsigen gereckten Polyamidfolie hergestellt. Sie zeigten bei Temperaturänderung eine reversible Formänderung gemäß Voraussage. (Das zuletzt entwickelte Modell zeigte nach keinem der Versuche irreversible Verformung; sie tritt erst bei sehr hohen Temperaturen auf, z. B. > 100°C, wenn das Material zu erweichen beginnt.)

Die Einrichtung kann gemäß Anspruch 9 auch verwendet werden, Bauteile oder Solarkollektoren zu isolieren, letztere z. B. bei Nacht oder Wind, und Bauteile im Winter. Die Doppelschicht muß dann in der Regel um 180° gewendet angeordnet sein, so daß bei erhöhter Temperatureinwirkung die Isolierung von der zu isolierenden Fläche wegbewegt wird.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur temperaturabhängigen Verschattung von Bauelementen, z. B. Solarkollektoren und Gebäudeteilen, TWD-Fassaden, Fenstern oder Fensterelementen, und/oder zur Lichtlenkung durch Fensterelemente, dadurch gekennzeichnet, daß eine infolge höherer Temperatur in mindestens eine Richtung bewegbare Doppelschicht (1, 2) und eine mittels derselben vor das zu verschattende Bauelement (3) bewegbare optische Schicht vorgesehen ist, die mindestens teilweise entweder transparent oder reflektierend oder absorbierend ausgebildet ist und eine ebenso große Fläche aufweist wie das zu verschattende Bauelement, wobei die Doppelschicht (1, 2) aus einer einachsig gereckten Kunststoffolie (1) und einer ungereckten oder zweiachsig gereckten Folie (2) des gleichen oder eines ähnlichen Materials ist, z. B. Polyamid, oder die Folie (2) aus einer spiegelnden Metallfolie oder einer Isolierschicht besteht. 5
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Schicht (1) selbst die optische Schicht (4) angeordnet, z. B. geklebt, aufgedampft oder durch Adhäsion aufgebracht ist. 10
3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Schicht ein Fortsatz einer der beiden Schichten (1, 2) ist oder aus einem anderen Material. 15
4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelschicht (1, 2) sich unter Temperatureinwirkung einrollt und/oder horizontal oder vertikal vor das zu verschattende Element (3) bewegbar ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelschicht etwa so lang wie die Breite des Bauelementes (3) ausgebildet ist, aber nur eine eigene Breite von 1 bis 5 cm beträgt.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, die Breite nur bis zu 2 mm beträgt. 20
7. Einrichtung nach Anspruch 1—6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Einrichtungen in horizontaler oder vertikaler oder in Arrayanordnung vorgesehen sind.
8. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung in Solarkollektoren als zweite Schicht (2) eine isolierende Schicht vorgesehen ist und die Doppelschicht (1, 2) derart angeordnet ist, daß bei Temperatureinwirkung die Doppelschicht von dem zu isolierenden Element wegbewegt wird und ohne Temperatureinwirkung auf dem zu isolierenden Element zu liegen kommt. 25
9. Verwendung einer Einrichtung nach den Ansprüchen 1—8 zur Konvektionsunterdrückung in Solarkollektoren oder in dem Zwischenraum von Doppelfenstern.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

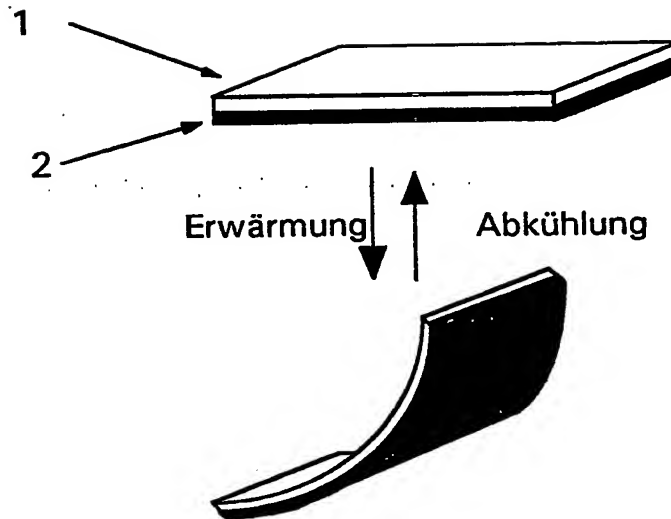


Abb. 1

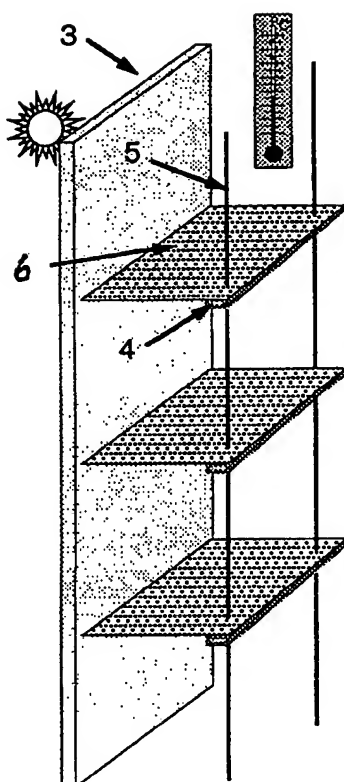


FIG. 2A

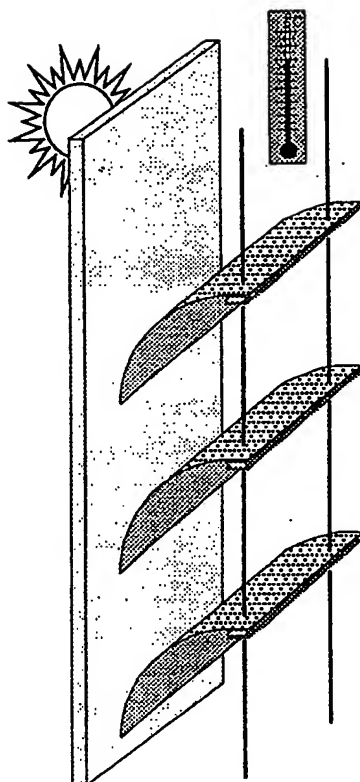


FIG. 2B

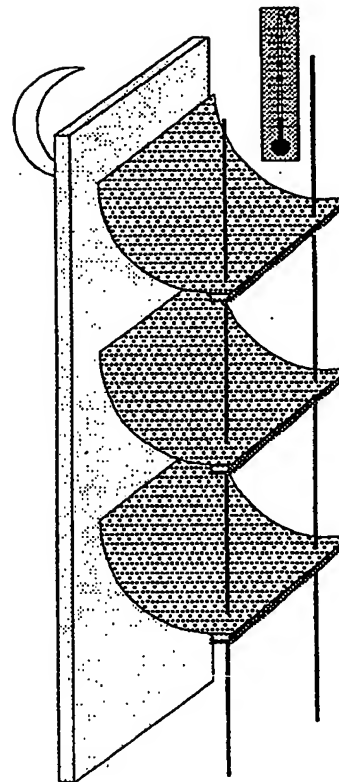


FIG. 2C

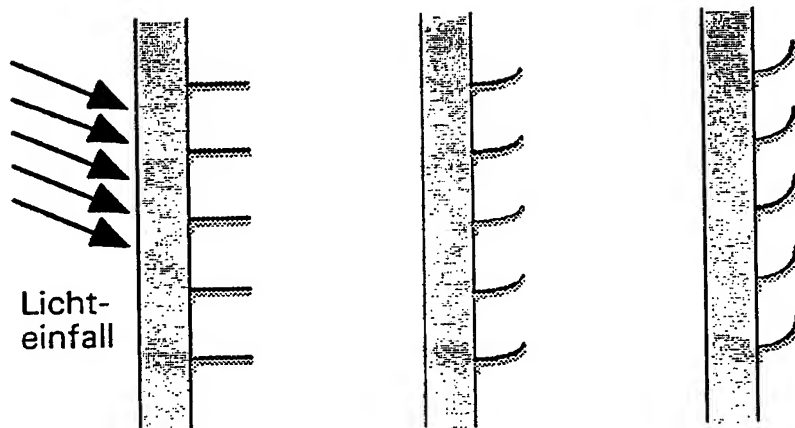


Abb. 3a, 3b, 3c



Abb. 4